

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-221351

(P2000-221351A)

(43) 公開日 平成12年8月11日 (2000.8.11)

(51) Int.Cl.

G 0 2 B 6/13

識別記号

F I

C 0 2 B 6/12

テーマコード (参考)

M 2 H 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-23179

(22) 出願日 平成11年1月29日 (1999.1.29)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地

(72) 発明者 米田 竜司

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京

セラ株式会社中央研究所内

Fターム (参考) 2H047 NA01 PA02 PA21 PA24 PA28

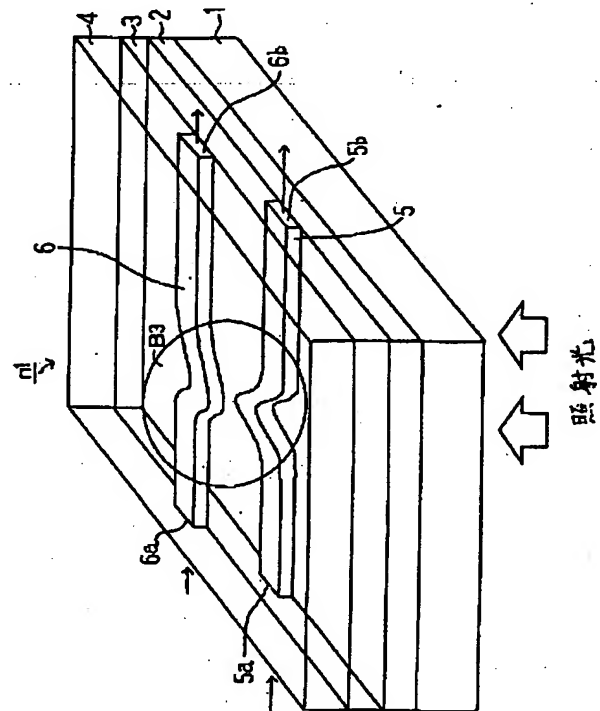
QA05 RA08 TA00

(54) 【発明の名称】 光導波路素子

(57) 【要約】

【課題】クラッド層の屈折率変化を利用して光スイッチングが可能な3次元型の光導波路素子を高密度実装して作製可能であり、光導波路間の3次元的な光結合を照射光波長によって遠隔的に制御可能とする。

【解決手段】3層積層されたクラッド層2~4の異なるクラッド層3, 4内に各々光導波路5, 6を設けた光導波路素子H1であって、クラッド層2~4は照射光波長によって屈折率が可逆的に変化する自己保持型のフォトクロミック材料から成り、厚さ方向における光導波路5, 6間の光結合度合いをクラッド層2~4に厚み方向から照射する光により屈折率を変化させて制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数積層されたクラッド層の異なるクラッド層内に各々光導波路を設けた光導波路素子であって、前記クラッド層は照射光波長によって屈折率が可逆的に変化する自己保持型のフォトクロミック材料から成り、厚さ方向における光導波路間の光結合度合いをクラッド層に厚み方向から照射する光により屈折率を変化させて制御することを特徴とする光導波路素子。

【請求項2】光応答波長の異なる複数のクラッド層を有する請求項1記載の光導波路素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信分野及び光情報処理分野等において使用される光スイッチング用の光制御デバイス的一种である光導波路素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、光通信システムや光情報処理システム（以下、光システムという）の実用化が進むにつれ、更に大容量の光信号処理が可能でかつ種々の機能を有する光システムが要求されており、これら光システムの実現には光導波路素子が不可欠である。例えば、ガラス基板或いはシリコン基板上に石英系材料から成る光導波路を形成することで光導波回路等の種々の機能を実現したり、或いは例えばポッケルス効果等の電気光学効果を有する基板上に光導波路を形成し、その光導波路に電気信号を印加することにより能動的機能を発現させるもの、所謂電気光学効果型的光導波路素子が公知である。これまで、電気光学効果型的光導波路素子としては、ニオブ酸リチウムに代表される、比較的大きな電気光学効果を有する強誘電無機材料を用いて光スイッチング動作を実現してきた。

【0003】図3は電気光学効果を用いた光導波路素子の一例である。ニオブ酸リチウムからなる光導波路用の基板上21上に、Ti拡散法等により光導波路22、23が形成されており、光導波路22、23が近接した近傍に電極24、24が形成されている。電極24、24に電圧を印加することにより、光導波路22、23周囲に電界が生じ、電気光学効果を有する基板21は電界強度に比例して屈折率が変化するために、光導波路22、23の近接部における光結合度が変化する。そして、光導波路22、23の一方の端部より信号光を入射した時に、両光導波路22、23の他端部側からの出射光強度を制御できる。ニオブ酸リチウムに代表される強誘電性無機単結晶材料を用いた光導波路素子は、大きな電気光学効果を有しかつ低損失な光導波路を作製する技術が確立されていることで、これまで光導波路素子の主流であった（特開昭56-94326号公報、特開平5-346560号公報参照）。

【0004】また、半導体基板上に光導波路を形成することにより、半導体レーザ等の光機能素子の集積化を図

る等の試みが活発になされている。

【0005】特に近時、PMMA（ポリメタクリル酸メチル）に代表される高分子有機樹脂（ポリマー）が、光波長（以下、波長と略す）1.31 $\mu$ m、1.55 $\mu$ m等の赤外域において極めて高い光透過性を示すことを利用して、前記有機ポリマーに光機能性を有する有機分子を分散させたり、また有機ポリマー側鎖を光機能性の有機分子で修飾することにより、種々の光機能性を付与することが提案されている。また、上記ポリマーによる光導波路素子、光導波回路を基礎とした光通信デバイスの展開が期待されている。

【0006】その中で、有機材料の持つ光応答性を利用した研究は特に活発であり、フォトクロミック材料は従来の記録用材料としての用途に止まらず、光通信用スイッチング素子への応用展開が検討されている（「自己保持型フォトクロミック高分子搭載マッハツェンダ光スイッチ」：電子情報通信学会 信学技報（1996-10）、"Photooptical Switching of Polymer Film Waveguide Containing Photochromic Diarylethenes": Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 33 (1996) pp. 1550-1553等参照）。

【0007】前記自己保持型のフォトクロミック材料は波長選択的な光応答性を有し、異なった波長の光を照射することで図4に示すような分子構造の可逆的な変化が生じる。また、光を照射後再び異波長の光が照射されるまで分子構造が保持される、所謂自己保持型と呼ばれる特徴を有する。そして、前記分子構造の一連の変化は純粋に光学的反応であり外部からの電力供給が全く必要ないため、従来の電気回路的制限の影響を受けず、その上有機材料特有の加工性にも優れている。

【0008】このようなフォトクロミック材料を用いた、2×2マッハツェンダ型的光導波路素子Hを図5に示す。同図において、11はガラス等の透明材料より成る光導波路用の基板、12はPMMA（ポリメタクリル酸メチル）等から成るクラッド層、13はPMMA等から成る上部クラッド層、14はフッ素添加PMMAから成りその一部にジアリールエテン誘導体等のフォトクロミック材料が分散された光導波路、15はフッ素添加PMMAから成る光導波路、16は光導波路15のうち前記フォトクロミック材料で構成された光機能部である。

【0009】このような光導波路素子Hにおいて、基板11の裏面から紫外光（波長約380nm以下）又は青色光（波長約380～約450nm）を照射すると、光機能部16の分子構造及び屈折率が変化し、ポート1、2より入射された赤外光（信号光）は、光導波路14、15が近接及び分離する分岐部B1で結合し相互に干渉等の作用をし、分岐部B2で再び結合し合波する。そして、分岐部B2で合波する際に、光導波路14、15を個別に導波された光の位相差に応じて干渉が生じ、ポート3、4の出射光強度を制御できる。

【0010】また、基板11の裏面から赤色光（波長約

600～約780nm)又は黄色光(波長約450～約600nm)を照射することにより、光機能部16の分子構造が元に戻り、紫外光又は青色光を照射する前の屈折率となる。

【0011】このとき、上記の如く屈折率を変化させると、光機能部16を伝播する光の波長が変化する。そして、分岐部B1で同位相で分岐した光は分岐部B2で合波するが、分岐部B2に至った2つの光の位相差を制御することでポート3、4の光出力比を調整できる。前記位相差をどの程度制御できるかは光機能部16長に比例し、光機能部16長を最適に設定することにより所望のスッチング機能が得られる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の如く電気光学効果を利用した光導波路素子において光スイッチング動作を行わせるためには、電気光学効果を発現させるための電極を基板表面に形成する必要があるが、電極及び電極近傍の光導波路部に相当する機能部が一平面内に配置されるのが一般的であった。光導波路素子の機能性を拡充していく上で、複数の光導波路を3次元的に配置し高密度実装して3次元的に光スイッチングを行おうとすれば、電極を層別に配置する必要があるが、電極用の引き出し線の配線が複雑になり、その結果製造工程が煩雑になり作業性が悪く、コストも高くなるという問題があった。

【0013】一方、電気回路の分野においては、高密度実装を実現するために多層の基板に各種電子部品を分散配置し、基板面に垂直な方向に配線を施すことにより、基板間を相互接続する構成が多用される。そして、光導波路素子の分野でも同様の構成を応用して、例えば多層化された基板上に光導波路層及びクラッド層を形成し、光導波路の中途に光電変換部を設けて光信号を光電変換し、基板間を電気的に接続する等の方法も考えられる。

【0014】この構成を実現するには、基板面に垂直な方向にスルーホール等を形成する必要があるが、基板材料のガラス、シリコン、ニオブ酸リチウム単結晶等にスルーホールを高精度に形成する必要がある。これらガラス、シリコン、ニオブ酸リチウム単結晶等は材質が脆いため多数のスルーホールを形成するのが困難であり、そのため高密度実装は事実上不可能である。また、電気回路用のセラミックス基板を用いて、その成形体に多数のスルーホールを形成した後焼成する方法もあるが、電気光学効果を発現する材料としてセラミックスは不適であり、また透光性の薄いセラミックス基板上に、電気光学効果を発現する材料からなる透明な光導波路を形成するのは製造上困難である。

【0015】また、図5に示した光導波路の一部をフォトクロミック材料で形成した光導波路素子では、異なった波長の光を照射することで光導波路の屈折率を制御できる、即ち光のみで光スイッチング制御ができる点にお

いては電気回路の制限から開放される。しかしながら、光導波路を同一平面上に形成している点で機能の集積化が困難であるという問題があった。

【0016】従って、本発明は上記事情に鑑みて完成されたものであり、その目的は多層化された3次元型であり且つ屈折率変化による光結合(光スイッチング)が可能な光導波路素子を電極及びスルーホール等を形成することなく作製可能であり、光導波路間の3次元的な光結合を外から照射する照射光波長によって遠隔的に制御できるものとするにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明の光導波路素子は、複数積層されたクラッド層の異なるクラッド層内に各々光導波路を設けた光導波路素子であって、前記クラッド層は照射光波長によって屈折率が可逆的に変化する自己保持型のフォトクロミック材料から成り、厚さ方向における光導波路間の光結合度合いをクラッド層に厚み方向から照射する光により屈折率を変化させて制御することを特徴とする。

【0018】本発明は上記構成により、クラッド層の屈折率変化を利用して光スイッチングが可能な光導波路素子を電極、配線及びスルーホール等を形成することなく作製可能であり、また光導波路間の3次元的な光結合を外から照射する照射光波長によって遠隔的に制御できる。

【0019】本発明において、好ましくは、光応答波長の異なる複数のクラッド層を有する。

【0020】このような構成により、照射光波長を制御することで光結合する光導波路を変化させることができ、3次元的な光スイッチングが可能となる。

【0021】

【発明の実施の形態】本発明の光導波路素子について以下に説明する。本発明の2×2マッハツェンダ方向性結合器型の光導波路素子H1を図1に示す。同図において、1はガラス等の透明材料、Si等より成る光導波路用の基板、2、3、4はPMMA(ポリメタクリル酸メチル)等に、照射光波長によって屈折率が可逆的に変化するジアリールエテン等の自己保持型のフォトクロミック材料を分散させたクラッド層である。5、6はフッ素化PMMA等から成る光導波路、5aは入射光用のポート、5bは出射光用のポート、6aは入射光用のポート、6bは出射光用のポートである。またB3は、ポート6a又はポート5aから入射された光が光結合を起こし光が各光導波路5、6に分岐し、ポート6b及びポート5bの両方から出射し得るように近接配置された分岐部である。この分岐部B3における光導波路5と光導波路6との間の間隔は、光結合を発生させるには10μm以下に設定されるのが良く、より好ましくは5μm以下である。

【0022】このように、本発明の光導波路素子H1

は、複数積層されたクラッド層2~4の異なるクラッド層3、4内に各々光導波路5、6を設けた構成である。また、マッハツェンダ型の機能を有するためには、図1のように、光導波路5、6を厚さ方向で重ならない位置に設け、分岐部3がより近接するように形成する。この場合、分岐部3は厚さ方向で重なっていてもよい。本発明において、クラッド層3、4間に、光導波路を含まず且つ前記フォトクロミック材料を分散させたクラッド層を設けても良い。或いは図1のように、基板1とクラッド層3との間に、光導波路を含まず且つ前記フォトクロミック材料を分散させたクラッド層2を設けても構わない。

【0023】本発明の光導波路5、6及びクラッド層2~4について、クラッド層2~4の屈折率1.5程度に対する光導波路5、6の屈折率差 $\Delta n$ は0.1~1.0%程度とするのが、導波光を高効率でシングルモード導波するために好適である。この場合、光導波路5、6及びクラッド層2~4の厚さは1~10 $\mu\text{m}$ 程度であり、この範囲から外れると上記屈折率差 $\Delta n$ でもってシングルモード導波することが困難になると共に、上下の光導波路5と光導波路6間での光結合が難しくなる。

【0024】本発明の光導波路5、6、クラッド層2~4ともに高分子有機樹脂(ポリマー)から成り、特に波長1.31 $\mu\text{m}$ 、1.55 $\mu\text{m}$ 等の赤外域において極めて高い光透過性を示すPMMA等を母剤にし、それにジアリールエテン等の添加物を混入することにより屈折率を調整し、かつ光応答性を付与することができる。

【0025】次に、本発明の光導波路素子H1の動作を以下に説明する。基板1の光導波路5、6が形成された表面側若しくは裏面側から、照射光として紫外光(波長約380nm以下)又は青色光(波長約380~450nm)を照射すると、図4に示すようにクラッド層2~4の分子構造が変化し、屈折率が変化する。また、基板1の表面側若しくは裏面側から、赤色光(波長約600~780nm)又は黄色光(波長約450~600nm)を照射することにより、クラッド層2~4の分子構造が元に戻り、紫外光又は青色光を照射する前の屈折率となる。

【0026】このとき、ポート6a及びポート5aより入射された赤外光(信号光)は、光導波路5、6が近接分離する分岐部B3で相互に干渉し分岐するが、ポート5bとポート6bでの出射光強度は分岐部B3での相互作用の大きさで変化する。上記クラッド層2~4の屈折率を変化させることにより前記相互作用の大きさ、即ち光結合度合いを制御でき、光スイッチング動作が可能となる。例えば、ポート6aより信号光(赤外光)を入射し、照射光として紫外光又は青色光を照射しない時はポート6bより信号光が出射するように、予め光導波路5、6が作製されているとする。そして、紫外光又は青色光を照射することによりクラッド層2~4の屈折率が

増大することで、光導波路5、6との屈折率差が小さくなり、分岐部B3における導波光(信号光)の染み出し(漏洩)は大きくなり、隣接する導波光との相互作用、即ち干渉等の光結合度合いは大きくなる。例えば、クラッド層2~4の屈折率増大により、分岐部B3において光導波路6側から光導波路5側に信号光が乗り移り、ポート5bから信号光を出射させる等の制御が可能となる。

【0027】本発明において、好ましくは、光応答波長の異なる複数のクラッド層を設けることで、照射光波長を選択することにより、光スイッチングさせる光導波路を選択することができる。また、所望のクラッド層の屈折率を選択的に制御することが可能となる。

【0028】このような光導波路素子H2を図2に示す。同図は、図1のクラッド層4上に光導波路5、6と同様に光導波路8を形成し、更により長波長で光応答するクラッド層7を被覆したものである。光導波路5、6が光結合する波長と光導波路6、8が光結合する波長とは異なり、所定の波長 $\lambda_1$ の照射光により光導波路5、6は分岐部B4で光結合するが、このとき光導波路6、8は光結合せず、一方波長 $\lambda_2$ ( $>\lambda_1$ )の照射光により光導波路6、8は分岐部B5で光結合するが、このとき光導波路5、6は光結合しない、といった制御が可能となる。

【0029】また図2の実施形態において、クラッド層3、4間、又はクラッド層4、7間に、光導波路を含まず且つ光応答波長の異なるクラッド層を設けるといった構成を採り得る。

【0030】本発明の自己保持型のフォトクロミック材料は、ジアリールエテン誘導体を用いるのが良い。図4の分子構造図において、置換基R1、R2、R3、R4、R5、R6として、水素の他にアルキル基、アリール基、アルコキシ基、アミノ基、ハロゲン基、シアノ基がある。上記アルキル基、アリール基、アルコキシ基、アミノ基としては、メチル、エチル、プロピル、ブチル、アミル、ヘキシル、オクチル、ノニル、デシル、ペンタデシル、ステアシル、シクロヘキシル、フェニル、トリル、キシリル、ナフチル、メトキシ、エトキシ、ジメチルアミノ、ジエチルアミノ等がある。また、R2、R3、R5、R6の箇所は、ベンゼン環、ナフタレン環などによって環形成されていても良い。また、X、Yは硫黄原子、酸素原子、窒素原子などのヘテロ原子であり、X及びYは同一原子であっても良い。

【0031】また、クラッド層2~4、7の光応答波長は、PMMA内に分散させるフォトクロミック材料の選択により決まる。図4のジアリールエテン誘導体では、環X、環Yの種類、R2、R3、R5、R6の修飾化合物により容易に光応答波長を制御できる。例えば、R2、R3とR5、R6をベンゼン環を修飾した化合物とし、X、Yのいずれかをチオフェン環に他方をインドー

ル環にすることで、X、Yの両方がチオフェン環の場合と比較して、閉環体から開環体に変化する際の黄色光が長波長化する。更には、修飾ベンゼン環の周りを炭酸基、シアン基等に置き換えることにより、更に長波長化が可能となる。

【0032】上記の如く長波長化されたジアリールエテン誘導体の具体的な分子構造を図7に示す。同図において、(a1)はR1をCH<sub>3</sub>、R2及びR3をベンゼン環、R4をCH<sub>3</sub>、R5及びR6をベンゼン環、X、YをSに各々置換したものであり、325nmの光を照射することで(b1)の状態になり、526nmの光を照射することで(a1)に戻る。(a2)はR1をCH<sub>3</sub>、R2及びR3をベンゼン環、R4をCH<sub>3</sub>、R5及びR6をベンゼン環、XをN-CH<sub>3</sub>、YをSに各々置換したものであり、325nmの光を照射することで(b2)の状態になり、572nmの光を照射することで(a2)に戻る。(a3)はR1をCH<sub>3</sub>、R2及びR3をベンゼン環に炭酸基(-H<sub>3</sub>CO)を付加したものの、R4をCH<sub>3</sub>、R5及びR6をベンゼン環にメチル基(-CH<sub>3</sub>)並びにシアン基(-CN)を付加したものの、XをN-CH<sub>3</sub>、YをSに各々置換したものであり、325nmの光を照射することで(b3)の状態になり、665nmの光を照射することで(a3)に戻る。

【0033】また、本発明の光導波路素子は、基板1を半導体基板として基板1上に半導体レーザ等の光源を組み込むことができ、その場合きわめて小型化されたものとなる。あるいは、半導体レーザ等の光源を基板1上に載置固定するようにしても良い。

【0034】かくして、本発明は、クラッド層の屈折率変化を利用して光スイッチングが可能な3次元型の光導波路素子を電極、配線及びスルーホール等を形成することなく作製可能であり、また光導波路間の3次元的な光結合を外部から照射する照射光波長によって遠隔的に制御できるという作用効果を有する。

【0035】尚、本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変更は何等差し支えない。

【0036】

【実施例】本発明の実施例を以下に詳細に説明する。

【0037】(実施例)図1の光導波路素子H1を以下のように構成した。まず、光導波路素子H1を以下に示すような工程〔1〕～〔5〕により作製した。

【0038】〔1〕平面における縦横の寸法が10mm×10mmのガラスから成る基板1上に、PMMAにジアリールエテン誘導体を約1重量%混入させて光応答性を付与したポリマー材料を、スピンコート法で約10μmの厚みで塗布し、クラッド層2を形成した。尚、PMMAの固化は、有機溶剤中にフッ素化PMMAを溶解させスピンコート法で塗布した後、加熱乾燥させることで

行った。

【0039】〔2〕クラッド層2上に、屈折率n5 = 1.506であり、クラッド層2の屈折率n2 = 1.5と屈折率差Δn<sub>2,5</sub> = 0.006 (0.4%)を有するフッ素化PMMAを塗布した後、フォトリソグラフィ法及びドライエッチング法により、断面の幅と厚さが5μm×5μmの光導波路5を形成した。

【0040】〔3〕光導波路5を覆うように、PMMAにジアリールエテン誘導体を1重量%混入させて光応答性を付与したポリマー材料を、スピンコート法で約10μmの厚みで塗布し、屈折率n3 = 1.5のクラッド層3を形成した。

【0041】〔4〕クラッド層3上にフッ素化PMMAを塗布した後、フォトリソグラフィ法及びドライエッチング法により、断面の幅と厚さが約5μm×約5μmであり、屈折率n6 = 1.506の光導波路6を形成した。このとき、分岐部B3における光導波路5と光導波路6との間隔は約5μmであった。

【0042】〔5〕光導波路6を被覆するように、PMMAにジアリールエテン誘導体を約1重量%混入させて光応答性を付与したポリマー材料を、スピンコート法で約15μmの厚みで塗布し、屈折率n4 = 1.5のクラッド層4を形成した。

【0043】上記クラッド層2～4は、紫外光(波長約380nm以下)又は青色光(波長約380～450nm)を照射すると、その分子構造が変化し、屈折率が0.15%程度増大する。また、赤色光(波長約600～780nm)又は黄色光(波長約450～600nm)を照射すると屈折率が元に戻る。

【0044】本実施例の光導波路素子H1の光応答特性を図6に示す。ポート6aより1550nmの赤外光(レーザ光)を入射した時の、ポート6b、ポート5bの出射光強度を測定したものである。照射光として、波長325nmのHe-Cdレーザ光と波長633nmのHe-Neレーザ光を用い、レンズで集光し基板1の裏面側から照射した。He-Cdレーザ光の照射前はポート6bより出射していた光が、照射時間の経過と共にポート5bからの出射光強度が大きくなった。次に、He-Neレーザ光を照射することにより、再び、ポート6bからの出射光強度は大きくなり、He-Cdレーザ光の照射前の状態に復帰した。

【0045】次に、図2の光導波路素子H2を、図1の光導波路素子H1を基体として、下記工程〔6〕、

〔7〕を施すことで作製した。

【0046】〔6〕クラッド層4上にフッ素化PMMAを塗布した後、フォトリソグラフィ法及びドライエッチング法により、断面の幅と厚さが約5μm×約5μmであり、屈折率n8 = 1.506の光導波路8を形成した。このとき、分岐部B5における光導波路6と光導波路8との間隔は約5μmであった。

【0047】〔7〕光導波路8を被覆するように、PMMAにジアリールエテン誘導体を約1重量%混入させて光応答性を付与したポリマー材料を、スピンコート法で約 $15\mu\text{m}$ の厚みで塗布し、屈折率 $n_7 = 1.5$ のクラッド層7を形成した。

【0048】上記クラッド層2~4, 7は、紫外光（波長約 $380\text{nm}$ 以下）又は青色光（波長約 $380\sim450\text{nm}$ ）を照射すると、その分子構造が変化し、屈折率が $0.15\%$ 程度増大する。また、赤色光（波長約 $600\sim780\text{nm}$ ）又は黄色光（波長約 $450\sim600\text{nm}$ ）を照射すると屈折率が元に戻る。

【0049】このクラッド層7は、クラッド層3よりも長波長で光応答するようにしてもよい。この場合、照射光波長を選択することにより光応答するクラッド層を選択することができる。即ち、照射光波長により分岐部B4及び／又は分岐部B5を機能させることができる。

【0050】また、クラッド層2, 7は必ずしも光応答性を持たせる必要はなく、例えば光導波路5, 8に対し適当な屈折率差を有するように、クラッド層2, 7材料であるPMMAに添加物を混入させて屈折率を調整することもできる。

【0051】また、図2では3つの光導波路5, 6, 8を設けているが、4つ以上の光導波路を層別に形成しても構わない。

【0052】

【発明の効果】本発明は、複数積層されたクラッド層の異なるクラッド層内に各々光導波路を設けた光導波路素子であって、前記クラッド層は照射光波長によって屈折率が可逆的に変化する自己保持型のフォトクロミック材料から成り、厚さ方向における光導波路間の光結合度合いをクラッド層に厚み方向から照射する光により屈折率を変化させて制御することにより、クラッド層の屈折率変化を利用して光スイッチングが可能な3次元型の光導波路素子を電極、配線及びスルーホール等を形成するこ

となく作製可能であり、また光導波路間の3次元的な光結合を外部から照射する照射光波長によって遠隔的に制御できるという作用効果を有する。

【0053】また、本発明では電極、配線及びスルーホール等が一切不要になるため、高密度に3次元実装された光導波回路を作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光導波路素子H1の斜視図である。

【図2】本発明の光導波路素子H2の斜視図である。

【図3】従来の電気光学効果を利用したマッハツェンダ型光導波路素子の平面図である。

【図4】自己保持型のフォトクロミック材料の可逆的なフォトクロミック現象を説明する分子構造図であり、(a)は黄色光を照射した場合の分子構造、(b)は青色光又は紫外光を照射した場合の分子構造である。

【図5】従来の自己保持型のフォトクロミック材料を用いた光導波路素子Hの斜視図である。

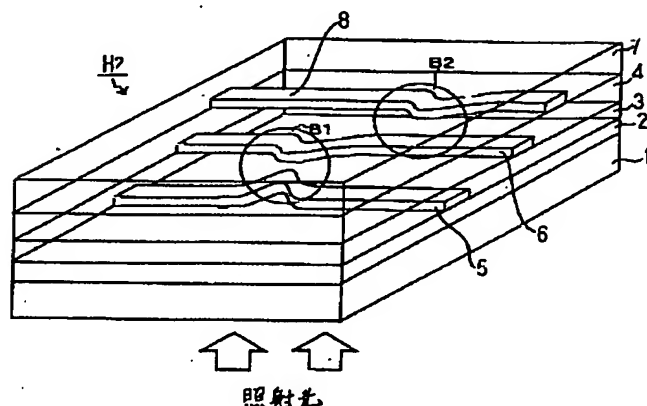
【図6】本発明の光導波路素子H1の光応答特性を示すグラフである。

【図7】本発明のフォトクロミック材料である3種のジアリールエテン誘導体の分子構造図を示し、(a1)は $325\text{nm}$ の光を照射することで(b1)の状態になり $526\text{nm}$ の光を照射することで(a1)に戻るタイプ、(a2)は $325\text{nm}$ の光を照射することで(b2)の状態になり $572\text{nm}$ の光を照射することで(a2)に戻るタイプ、(a3)は $325\text{nm}$ の光を照射することで(b3)の状態になり $665\text{nm}$ の光を照射することで(a3)に戻るタイプである。

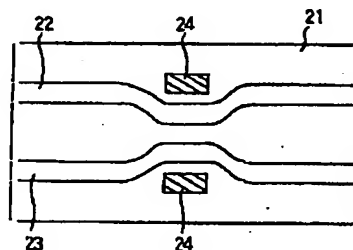
【符号の説明】

- 1：基板
- 2, 3, 4：クラッド層
- 5, 6：光導波路
- 5a, 6a：入射光用のポート
- 5b, 6b：出射光用のポート

【図2】

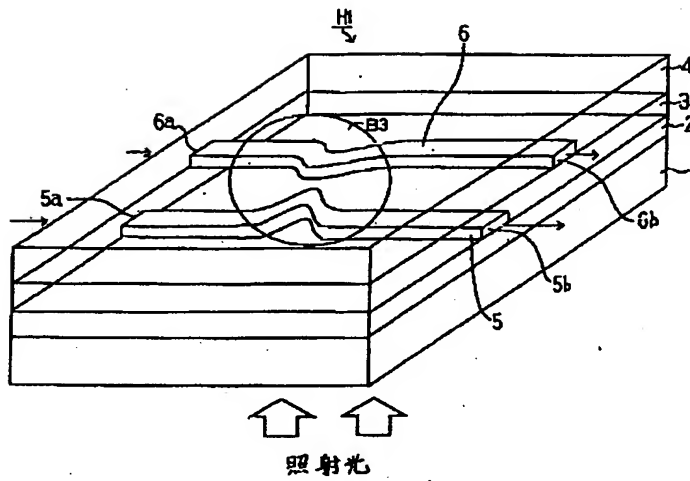


【図3】

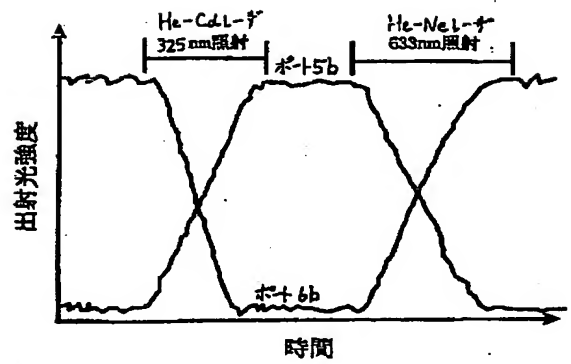




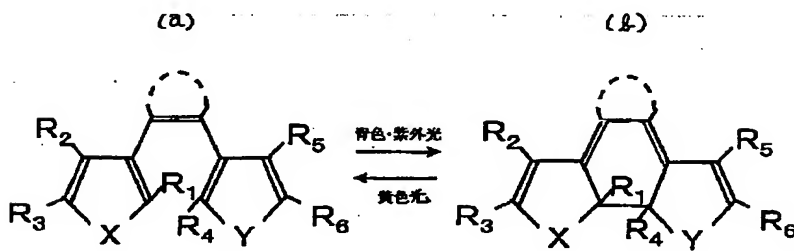
【図1】



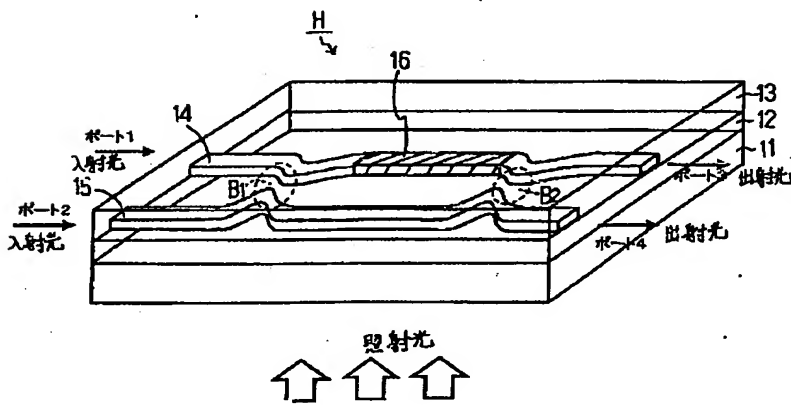
【図6】



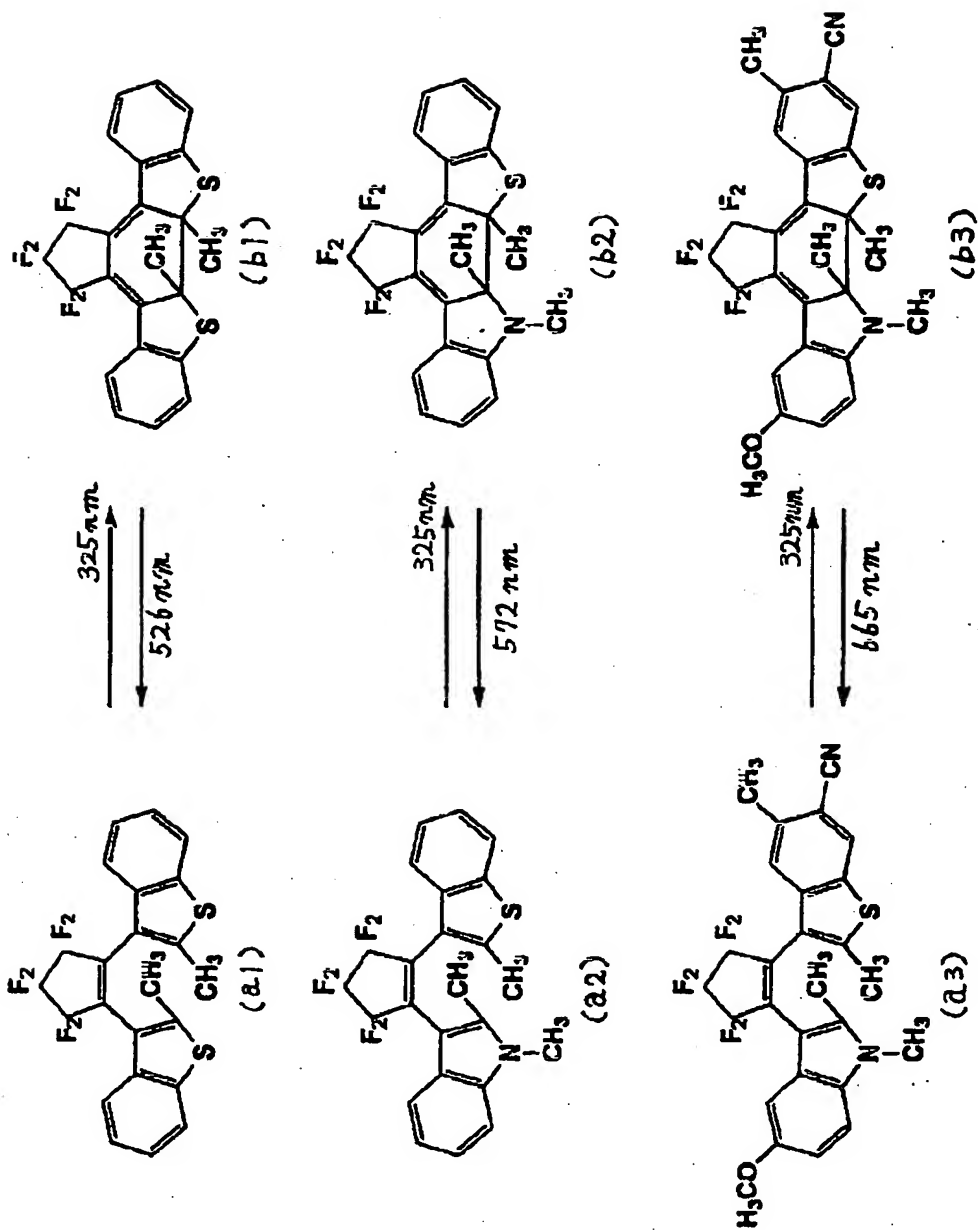
【図4】



【図5】



【図7】





# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-221351

(43)Date of publication of application : 11.08.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/13

(21)Application number : 11-023179

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 29.01.1999

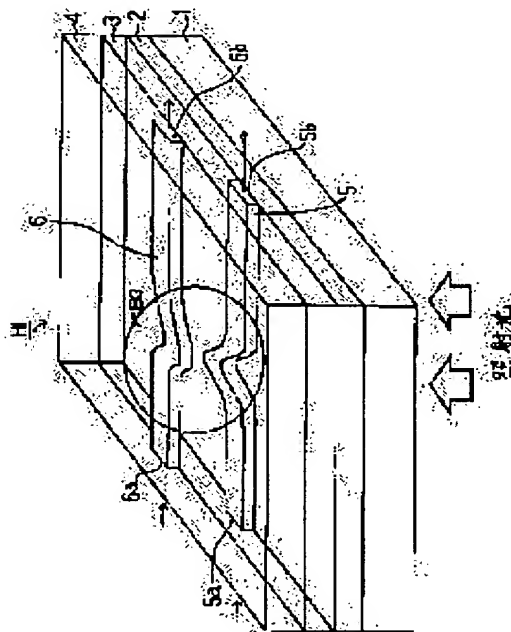
(72)Inventor : YONEDA RYUJI

## (54) OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To produce a three-dimensional optical waveguide device in high density which enables optical switching by utilizing the changes in the refractive index of the clad layer, and to enable remote control of the three-dimensional optical coupling between optical waveguides by selecting the wavelength of irradiation light.

**SOLUTION:** This optical waveguide device H1 is obtd. by forming optical waveguides 5, 6 in different clad layers 3, 4 of clad layers 2, 3, 4 of a three-layer structure, respectively, and the clad layers 2, 3, 4 consists of self-holding photochromic materials whose refractive indices change reversibly by the wavelength of irradiated light. The degree of optical coupling between the optical waveguides 5, 6 in the thickness direction is controlled by changing the refractive index by the light irradiating the clad layers 2, 3, 4 in the thickness direction.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.12.2004

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] It is the optical waveguide device characterized by being the optical waveguide device which prepared the optical waveguide respectively in the clad layer from which the clad layer by which the laminating was carried out is different, for the aforementioned clad layer consisting of the self-hold type phot chromics material which changes with irradiation light wave length in [ a refractive index ] reversible, changing a refractive index by the light which irradiates the optical coupling degree between the optical waveguides in the thickness orientation from thickness at a clad layer, and controlling it.

[Claim 2] The optical waveguide device according to claim 1 which has two or more clad layers from which optical response wavelength is different.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001] [The technical field to which invention belongs] this invention relates to the optical waveguide device which is a kind of the optical control device for optical switching used in an optical-communication field, an optical-information-processing field, etc.

[0002] [Description of the Prior Art] The optical system which has the various functions in which further mass optical signal processing is possible is demanded, and the optical waveguide device is indispensable to these light system implementation as utilization of an optical transmission system or an optical-information-processing system (henceforth an optical system) progresses in recent years. For example, the optical waveguide device of the thing which makes an active function discover, and the so-called electro-optical effect type is well-known by realizing various functions, such as an optical waveguide circuit, by forming the optical waveguide which consists of a quartz system material on a glass substrate or a silicon substrate, or forming an optical waveguide on the substrate which has the electro-optical effects, such as the Pockels effect, and impressing an electrical signal to the optical waveguide. As an electro-optical effect type optical waveguide device, the optical switching operation has so far been realized using the strong dielectric inorganic material which is represented by the lithium niobate and which has the comparatively big electro-optical effect.

[0003] Drawing 3 is an example of the optical waveguide device which used the electro-optical effect. On substrate top 21 for the optical waveguides which consist of a lithium niobate, optical waveguides 22 and 23 are formed of Ti diffusion method etc., and electrodes 24 and 24 are formed in near where optical waveguides 22 and 23 approached. By impressing a voltage to electrodes 24 and 24, the electric field arise to an optical waveguide 22 and the 23 periphery, and, as for the substrate 21 which has the electro-optical effect, the degree of optical coupling [ section / contiguity / of optical waveguides 22 and 23 ] for a refractive index changing in proportion to field strength changes. And when incidence of the signal light is carried out from one edge of optical waveguides 22 and 23, the outgoing-radiation light intensity from the other end side of both the optical waveguides 22 and 23 can be controlled. The optical waveguide device using the ferro-

electricity inorganic single crystal material represented by the lithium niobate was that the technique which has the big electro-optical effect and produces a low loss optical waveguide is established, and was the mainstream of an optical waveguide device until now (refer to JP,56-94326,A and JP,5-346560,A).

[0004] Moreover, attempts, such as attaining integration of optoelectronic devices, such as semiconductor laser, are actively made by forming an optical waveguide on a semiconductor substrate.

[0005] It uses that the macromolecule organic resin (polymer) represented by especially PMMA (polymethyl methacrylate) shows very high light-transmission nature recently in infrared regions, such as 1.31 micrometers (it abbreviates to wavelength hereafter) of light wave length, and 1.55 etc. micrometers. Giving various optical functionality is proposed by making the aforementioned organic polymer distribute the organic molecule which has optical functionality, and embellishing an organic polymer side chain with the organic molecule of optical functionality. Moreover, expansion of the optical-communication device on the basis of the optical waveguide device by the above-mentioned polymer and an optical waveguide circuit is expected.

[0006] Especially the research that used in it the optical responsibility which an organic material has is active. A phot chromics material does not stop at the intended use as a conventional charge of record material. the application expansion to the switching element for optical communication is considered (a "self-hold type photochromic polymer loading Mach \*\*\*\*\* optical-switch":electronic-intelligence communication society \*\*\*\* technical report (1996-10). --) "Photooptical Switching References, such as of Polymer Film Waveguide Containing Photochromic Diarylethenes":Jpn.J.Appl.Phys.Vol.33(1996) pp.1550-1553.

[0007] A reversible change of the molecular structure which is shown in drawing 4 by an aforementioned self-hold type phot chromics material having optical wavelength selection responsibility, and irradiating the light of different wavelength arises. Moreover, it has the characteristic feature called so-called self-hold type with which the molecular structure is held until the light of different wavelength is irradiated again after irradiating light. And a series of change of the aforementioned molecular structure is an optical reaction purely, since the electric power supply from the exterior is unnecessary at all, is not influenced of the conventional electrical circuit-limit but is excellent also in workability peculiar to the upper organic material.

[0008] 2x2 Mach \*\*\*\*\* type optical-waveguide-device H using such a phot chromics material is shown in drawing 5 . In this drawing, the substrate for optical waveguides to which 11 changes from transparent materials, such as glass, the clad layer to which 12 changes from PMMA (polymethyl methacrylate) etc., the up clad layer to which 13 changes from PMMA etc., the optical waveguide by which 14 consists of fluoridation PMMA and phot chromics materials, such as a diaryl ethene derivative, were distributed by the part, the optical waveguide to which 15 changes from fluoridation PMMA, and 16 are the optical function parts which consisted of an aforementioned phot chromics material among optical waveguides 15.

[0009] In such optical-waveguide-device H, if a ultraviolet radiation (wavelength of about 380nm or less) or a blue glow (wavelength about 380- about 450nm) is irradiated from the rear face of a substrate 11, the molecular structure and the refractive index of the optical function part 16 change, and it joins together by the tee B1 approached and

separated, and an interference etc. is acted mutually, and by tee B-2, optical waveguides 14 and 15 join together again, and \*\*\*\* infrared light (signal light) by which incidence was carried out from ports 1 and 2 And in case it \*\*\*\*s by tee B-2, according to the phase contrast of the light guided individually, an interference produces optical waveguides 14 and 15, and the outgoing-radiation light intensity of ports 3 and 4 can be controlled.

[0010] Moreover, the molecular structure of the optical function part 16 returns from the rear face of a substrate 11 by irradiating red light (wavelength about 600- about 780nm) or yellow light (wavelength about 450- about 600nm), and it becomes a refractive index before irradiating a ultraviolet radiation or a blue glow.

[0011] If a refractive index is changed like the above at this time, the wavelength of the light which spreads the optical function part 16 will change. And although light which was in phase and branched by the tee B1 is \*\*\*\*ed by tee B-2, the optical-output ratio of ports 3 and 4 can be adjusted by controlling the phase contrast of two light which resulted in tee B-2. It is proportional to optical-function-part 16 merit whether the aforementioned phase contrast is how much controllable, and a desired \*\*\*\*\* function is obtained by setting up optical function-part 16 merit the optimum.

[0012] [Problem(s) to be Solved by the Invention] However, although the electrode for making the electro-optical effect discover needed to be formed in the substrate front face in order to make an optical switching operation perform in the optical waveguide device which used the electro-optical effect like the above, it was common that the function part equivalent to the optical-waveguide section an electrode and near the electrode was arranged in 1 flat surface. There was a problem a wiring of the outgoing line for electrodes becomes complicated although it is necessary to arrange an electrode to a stratification, if two or more optical waveguides tend to be arranged in 3 dimensions when expanding the functionality of an optical waveguide device, high density assembly tends to be carried out and it is going to perform optical switching in 3 dimensions, a manufacturing process became complicated as a result, and workability was bad, and also attach a cost highly.

[0013] On the other hand, in the field of an electrical circuit, in order to realize high density assembly, various electronic parts are distributed to a multilayer substrate, and the configuration which carries out the interconnection of between substrates is used abundantly by wiring in the orientation perpendicular to a substrate side. And an optical-waveguide layer and a clad layer are formed on the substrate which applies the configuration with the same said of the field of an optical waveguide device, for example, was multilayered, a photoelectrical transducer is prepared in the halfway of an optical waveguide, the photo electric translation of the lightwave signal is carried out, and the technique of connecting between substrates electrically is also considered.

[0014] Although it is necessary to form a through hole etc. in the orientation perpendicular to a substrate side in order to realize this configuration, it is necessary to form a through hole in the glass of a substrate material, silicon, a lithium niobate single crystal, etc. with high precision. Since these glass, silicon, a lithium niobate single crystal, etc. have the brittle quality of the material, they are difficult to form many through holes, therefore high density assembly is impossible as a matter of fact. Moreover, the manufacture top is difficult for forming the transparent optical waveguide which consists of a material which discovers the electro-optical effect on the thin ceramic substrate of a

translucency with the ceramics unsuitable as a material which discovers the electro-optical effect and although there is also the technique of calcinating after forming many through holes in the Plastic solid using the ceramic substrate for electrical circuits.

[0015] Moreover, in the optical waveguide device which formed a part of optical waveguide shown in drawing 5 by the phot chromics material, the refractive index of an optical waveguide can be controlled by irradiating the light of different wavelength, namely, it is wide opened from a limit of an electrical circuit in the point that optical switching control can be performed only with light. However, there was a problem that integration of a function was difficult, at the point which forms the optical waveguide on the same flat surface.

[0016] Therefore, this invention is completed in view of the above-mentioned situation, the purpose is multilayered 3-dimensional type, and it can produce the optical waveguide device in which the optical coupling (optical switching) by refractive-index change is possible, without forming an electrode, a through hole, etc., and it is in being remotely controllable by the irradiation light wave length who irradiates the-like 3-dimensional optical coupling between optical waveguides from the exterior.

[0017] [Means for Solving the Problem] The optical waveguide device of this invention is an optical waveguide device which prepared the optical waveguide respectively in the clad layer from which the clad layer by which two or more laminatings were carried out is different, and it is characterized by for a refractive index consisting of the self-hold type phot chromics material which changes in reversible, and for the aforementioned clad layer changing a refractive index by the light which irradiates the optical coupling degree between the optical waveguides in the thickness orientation from thickness at a clad layer, and controlling it by irradiation light wave length.

[0018] this invention can be remotely controlled by the irradiation light wave length who irradiates the-like 3-dimensional optical coupling between optical waveguides from the exterior producible by the above-mentioned configuration, without forming the optical waveguide device in which optical switching is possible for an electrode, a wiring, a through hole, etc. using refractive-index change of a clad layer.

[0019] In this invention, it has preferably two or more clad layers from which optical response wavelength is different.

[0020] By such configuration, the optical waveguide which carries out optical coupling by controlling irradiation light wave length can be changed, and optical 3-dimensional-like switching is attained.

[0021] [Embodiments of the Invention] The optical waveguide device of this invention is explained below. The 2x2 Mach Zehnder directional coupler type optical waveguide device H1 of this invention is shown in drawing 1. In this drawing, the substrate for optical waveguides to which 1 changes from transparent materials, such as glass, Si, etc., and 2, 3 and 4 are the clad layers which distributed the self-hold [ , such as a diaryl ethene which changes in / a refractive index / reversible, ] type phot chromics material by irradiation light wave length to PMMA (polymethyl methacrylate) etc. 5 and 6 are the port for incident lights in the optical waveguide and 5a which consist of fluoridation PMMA etc., the port for outgoing-radiation light in 5b, a port for incident lights in 6a, and a port for outgoing-radiation light in 6b. Moreover, B3 is the tee by which contiguity arrangement was carried out so that the light by which incidence was carried out might start optical coupling from port 6a or port 5a, light might branch to each optical waveguides 5

and 6 and an outgoing radiation could be carried out from both port 6b and port 5b. It is 5 micrometers or less often [ the spacing between the optical waveguides 5 and the optical waveguides 6 in this tee B3 / being set as 10 micrometers or less by generating optical coupling ], and more preferably.

[0022] Thus, the optical waveguide devices H1 of this invention are the clad layer 3 from which the clad layers 2-4 by which two or more laminatings were carried out are different, and the configuration of having formed optical waveguides 5 and 6 respectively in four. Moreover, in order to have a Mach Zehnder type function, as shown in drawing 1, optical waveguides 5 and 6 are formed in the position with which it does not lap in the thickness orientation, and it forms so that a tee 3 may approach more. In this case, the tee 3 may lap in the thickness orientation. In this invention, you may prepare the clad layer which distributed the aforementioned phot chromics material between the clad layer 3 and 4, excluding an optical waveguide. Or as shown in drawing 1, you may form the clad layer 2 which distributed the aforementioned phot chromics material between the substrate 1 and the clad layer 3, excluding an optical waveguide.

[0023] About the optical waveguides 5 and 6 and the clad layers 2-4 of this invention, refractive-index difference  $\Delta n$  of the optical waveguides 5 and 6 to about 1.5 refractive index of the clad layers 2-4 is suitable, in order that it may be efficient to consider as about 0.1 - 1.0% and it may carry out the single mode waveguide of the waveguide light. In this case, the thickness of the optical waveguides 5 and 6 and the clad layers 2-4 is about 1-10 micrometers, and if it separates from this domain, while it will become difficult to have and carry out a single mode waveguide by the above-mentioned refractive-index difference  $\Delta n$ , the optical coupling between the up-and-down optical waveguide 5 and the optical waveguide 6 becomes difficult.

[0024] The optical waveguides 5 and 6 of this invention and the clad layers 2-4 can consist of a macromolecule organic resin (polymer), PMMA which shows very high light-transmission nature in infrared regions, such as the wavelength of 1.31 micrometers and 1.55 etc. micrometers, especially can be made into the mother agent, and a refractive index can be adjusted by mixing additives, such as a diaryl ethene, in it, and optical responsibility can be given.

[0025] Next, an operation of the optical waveguide device H1 of this invention is explained below. If a ultraviolet radiation (wavelength of about 380nm or less) or a blue glow (wavelength of about 380-450nm) is irradiated as irradiation light, as shown in drawing 4, the molecular structure of the clad layers 2-4 will change, and a refractive index will change from a front-face [ in which the optical waveguides 5 and 6 of a substrate 1 were formed ], or rear-face side. Moreover, by irradiating red light (wavelength of about 600-780nm), or yellow light (wavelength of about 450-600nm), the molecular structure of the clad layers 2-4 returns, and it becomes a refractive index before irradiating a ultraviolet radiation or a blue glow from a front-face [of a substrate 1], or rear-face side.

[0026] Although the infrared light (signal light) by which incidence was carried out from port 6a and port 5a interferes mutually and branches by the tee B3 in which optical waveguides 5 and 6 carry out a contiguity separation at this time, the outgoing-radiation light intensity in port 5b and port 6b changes in the size of the interaction in a tee B3. By changing the refractive index of the above-mentioned clad layers 2-4, it can control, the size, i.e., the optical coupling degree, of the aforementioned interaction, and an optical



switching operation is attained. For example, when you carry out incidence of the signal light (infrared light) and you do not irradiate a ultraviolet radiation or a blue glow as irradiation light from port 6a, as signal light carries out an outgoing radiation from port 6b, suppose that optical waveguides 5 and 6 are produced beforehand. and waveguide light [ in / the refractive-index difference with optical waveguides 5 and 6 becomes small by the refractive index of the clad layers 2-4 increasing by irradiating a ultraviolet radiation or a blue glow, and / a tee B3 ] (signal light) -- oozing out (leakage) -- it becomes large and optical coupling degrees, such as the interaction with an adjoining waveguide light, i.e., an interference etc., become large For example, by refractive-index increase of the clad layers 2-4, in a tee B3, signal light changes to an optical-waveguide 5 side from an optical-waveguide 6 side, and a control of the grade to which the outgoing radiation of the signal light is carried out from port 5b is attained.

[0027] In this invention, the optical waveguide which carries out optical switching can be chosen by choosing irradiation light wave length by preparing preferably two or more clad layers from which optical response wavelength is different. Moreover, it is enabled to control the refractive index of a desired clad layer alternatively.

[0028] Such an optical waveguide device H2 is shown in drawing 2. This drawing forms an optical waveguide 8 like optical waveguides 5 and 6 on the clad layer 4 of drawing 1, and covers the clad layer 7 which carries out an optical response on long wavelength further more. Although it differs from the wavelength in which optical waveguides 5 and 6 carry out optical coupling, and the wavelength in which optical waveguides 6 and 8 carry out optical coupling and optical coupling of the optical waveguides 5 and 6 is carried out by the tee B4 by the irradiation light of the predetermined wavelength  $\lambda_1$  Although optical coupling of the optical waveguides 6 and 8 is not carried out at this time but optical coupling of the optical waveguides 6 and 8 is carried out in tee B5 by the irradiation light of wavelength  $\lambda_2$  ( $> \lambda_1$ ) on the other hand, control of not carrying out optical coupling of the optical waveguides 5 and 6 at this time is attained.

[0029] Moreover, in the operation gestalt of drawing 2, the configuration of preparing the clad layer from which optical response wavelength is different between the clad layer 3 and 4 or between the clad layer 4 and 7, excluding an optical waveguide can be taken.

[0030] As for the self-hold type phot chromics material of this invention, it is good to use a diaryl ethene derivative. In the molecular structure view of drawing 4, there are the alkyl group, the aryl group, the alkoxy group, the amino group, the halogen machine, and cyano group other than hydrogen as substituents R1, R2, R3, R4, R5, and R6. As the above-mentioned alkyl group, an aryl group, an alkoxy group, and an amino group, there are a methyl, an ethyl, a propyl, butyl, an amyl, a hexyl, an octyl, a nonyl, \*\*\*\*\*, pentadecyl, stearyl, cyclohexyl, a phenyl, tolyl, the xylyl, a naphthyl, a methoxy, \*\*\*\*\*, dimethylamino, diethylamino, etc. Moreover, ring formation of the part of R2, R3, R5, and R6 may be carried out by the benzene ring, the naphthalene ring, etc. Moreover, X and Y may be hetero atoms, such as a sulfur atom, an oxygen atom, and a nitrogen atom, and X and Y may be the same atoms.

[0031] Moreover, clad layer 2- the optical response wavelength of 4 and 7 is decided by selection of the phot chromics material distributed in PMMA Optical response wavelength is easily controllable by the diaryl ethene derivative of drawing 4 with the modality

of ring X and ring Y, and the modification compound of R2, R3, R5, and R6. For example, the yellow light at the time of changing from the ring-closure field to the ring-breakage field as compared with the case where both X and Y are thiophene rings, by using R2, R3, and R5 and R6 as the compound which embellished the benzene ring, making X or Y at a thiophene ring, and making another side into the Indore ring forms long wavelength. Furthermore, long wavelength-ization is still attained by transposing the surroundings of the modification benzene ring to a carbonic acid machine, the cyano base, etc.

[0032] The concrete molecular structure of the diaryl ethene derivative formed into long wavelength is shown in drawing 7 like the above. In this drawing, the benzene ring and R4 return to (a1) by replacing CH3, and R5 and R6 by X, R1 replacing the benzene ring and Y by S respectively, CH3, and R2 and R3 being in the status of (b1) by irradiating 325nm light, and (a1) irradiating 526nm light. It returns to (a2) by replacing CH3, and R5 and R6 by the benzene ring, CH3, and R2 and R3 replacing N-CH3 and Y for X by S respectively, (a2) being in the status of (b2) by irradiating 325nm light about R1, and the benzene ring and R4 irradiating 572nm light. That by which, as for (a3), CH3, R2, and R3 added the carbonic acid machine (-H3 CO) for R1 to the benzene ring, That by which R4 added a methyl group (-CH3) and the cyano base (-CN) to the benzene ring as for CH3, and R5 and R6, N-CH3 and Y are respectively replaced for X by S, and it will be in the status of (b3) by irradiating 325nm light, and returns to (a3) by irradiating 665nm light.

[0033] Moreover, the optical waveguide device of this invention can use a substrate 1 as a semiconductor substrate, can incorporate the light sources, such as semiconductor laser, on a substrate 1, and was extremely miniaturized in that case. Or you may be made to carry out installation fixation of the light sources, such as semiconductor laser, on a substrate 1.

[0034] In this way, this invention has the operation effect that it is remotely controllable by the irradiation light wave length who irradiates the-like 3-dimensional optical coupling between optical waveguides from the exterior producible, without forming the 3-dimensional type optical waveguide device in which optical switching is possible for an electrode, a wiring, a through hole, etc. using refractive-index change of a clad layer.

[0035] In addition, this invention is not limited to the above-mentioned operation gestalt, and the various change in within the limits which does not deviate from the summary of this invention does not interfere at all.

[0036] [Example] The example of this invention is explained in detail below.

[0037] (Example) The optical waveguide device H1 of view 1 was constituted as follows. First, it produced by process [1]- [5] which shows an optical waveguide device H1 below.

[0038] [1] On the 10mmx substrate 1 which consists of the glass which is 10mm, the dimension in every direction in a flat surface applied the polymer material which was made to mix a diaryl ethene derivative in PMMA about 1% of the weight, and gave optical responsibility by the thickness of about 10 micrometers by the spin coat method, and formed the clad layer 2. In addition, after solidification of PMMA having melted fluoridation PMMA and applying it by the spin coat method into the organic solvent, it was performed by carrying out a stoving.

[0039] [2] On the clad layer 2, it was refractive-index  $n_5 = 1.506$ , and after applying re-

refractive-index  $n_2 = 1.5$  of the clad layer 2, refractive-index difference  $\Delta n_2$ , and fluorination PMMA that has  $\Delta n_2 = 0.006$  (0.4%), the width of face and thickness of a cross section formed the optical waveguide 5 which is 5micrometerx5micrometer by the photo-lithography method and the dry etching method.

[0040] [3] The polymer material which was made to mix a diaryl ethene derivative in PMMA 1% of the weight, and gave optical responsibility was applied by the thickness of about 10 micrometers by the spin coat method, and the clad layer 3 of refractive-index  $n_3 = 1.5$  was formed so that an optical waveguide 5 might be covered.

[0041] [4] the photo-lithography method after applying fluorination PMMA on the clad layer 3, and the dry etching method -- the width of face and thickness of a cross section -- about 5micrometerx -- it is about 5 micrometers and the optical waveguide 6 of refractive-index  $n_6 = 1.506$  was formed At this time, the spacing of the optical waveguide 5 and the optical waveguide 6 in a tee B3 was about 5 micrometers.

[0042] [5] The polymer material which was made to mix a diaryl ethene derivative in PMMA about 1% of the weight, and gave optical responsibility was applied by the thickness of about 15 micrometers by the spin coat method, and the clad layer 4 of refractive-index  $n_4 = 1.5$  was formed so that an optical waveguide 6 might be covered.

[0043] If the above-mentioned clad layers 2-4 irradiate a ultraviolet radiation (wavelength of about 380nm or less), or a blue glow (wavelength of about 380-450nm), the molecular structure will change and a refractive index will increase about 0.15%. Moreover, if red light (wavelength of about 600-780nm) or yellow light (wavelength of about 450-600nm) is irradiated, a refractive index will return.

[0044] The optical response characteristic of the optical waveguide device H1 of this example is shown in drawing 6. The outgoing-radiation light intensity of port 6b when carrying out incidence of the 1550nm infrared light (laser beam) from port 6a and port 5b is measured. Using a helium-Cd laser beam with a wavelength of 325nm and a helium-Ne laser beam with a wavelength of 633nm as irradiation light, it condensed with the lens and irradiated from the rear-face side of a substrate 1. The outgoing-radiation light intensity from port 5b became [ the light which was carrying out the outgoing radiation from port 6b ] large with progress of irradiation time before irradiation of a helium-Cd laser beam. Next, by irradiating a helium-Ne laser beam, again, the outgoing-radiation light intensity from port 6b became large, and returned to the status before irradiation of a helium-Cd laser beam.

[0045] Next, it produced by giving the following process [6] and [7], using the optical waveguide device H1 of drawing 1 as a base for the optical waveguide device H2 of drawing 2.

[0046] [6] the photo-lithography method after applying fluorination PMMA on the clad layer 4, and the dry etching method -- the width of face and thickness of a cross section -- about 5micrometerx -- it is about 5 micrometers and the optical waveguide 8 of refractive-index  $n_8 = 1.506$  was formed At this time, the spacing of the optical waveguide 6 and the optical waveguide 8 in tee B5 was about 5 micrometers.

[0047] [7] The polymer material which was made to mix a diaryl ethene derivative in PMMA about 1% of the weight, and gave optical responsibility was applied by the thickness of about 15 micrometers by the spin coat method, and the clad layer 7 of refractive-index  $n_7 = 1.5$  was formed so that an optical waveguide 8 might be covered.

[0048] above-mentioned clad layer 2- if 4 and 7 irradiate a ultraviolet radiation

(wavelength of about 380nm or less) or a blue glow (wavelength of about 380-450nm) the molecular structure will change and a refractive index will increase about 0.15% Moreover, if red light (wavelength of about 600-780nm) or yellow light (wavelength of about 450-600nm) is irradiated, a refractive index will return.

[0049] You may be made to carry out the optical response of this clad layer 7 on long wavelength rather than the clad layer 3. In this case, the clad layer which carries out an optical response can be chosen by choosing irradiation light wave length. That is, the tee B4 and/or tee B5 can be operated by irradiation light wave length.

[0050] Moreover, the clad layers 2 and 7 can make an additive able to mix in PMMA which is the clad layer 2 and seven materials, and can also adjust a refractive index so that it is not necessary to necessarily give optical responsibility for example, and it may have a suitable refractive-index difference to optical waveguides 5 and 8.

[0051] Moreover, although three optical waveguides 5, 6, and 8 are formed in drawing 2, you may form four or more optical waveguides in a stratification.

[0052] [Effect of the Invention] this invention is the optical waveguide device which prepared the optical waveguide respectively in the clad layer from which the clad layer by which two or more laminatings were carried out is different. The aforementioned clad layer consists of the self-hold type phot chromics material which changes in [a refractive index] reversible by irradiation light wave length. By changing a refractive index by the light which irradiates the optical coupling degree between the optical waveguides in the thickness orientation from thickness at a clad layer, and controlling Refractive-index change of a clad layer is used. the 3-dimensional type optical waveguide device in which optical switching is possible An electrode, It has the operation effect that it is remotely controllable by the irradiation light wave length who irradiates the-like 3-dimensional optical coupling between optical waveguides from the exterior producible, without forming a wiring, a through hole, etc.

[0053] Moreover, in this invention, since an electrode, a wiring, a through hole, etc. become needless entirely, the optical waveguide circuit mounted 3 dimensions with high density is producible.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective diagram of the optical waveguide device H1 of this invention.

[Drawing 2] It is the perspective diagram of the optical waveguide device H2 of this invention.

[Drawing 3] It is the plan of the Mach \*\*\*\*\* type optical waveguide device using the conventional electro-optical effect.

[Drawing 4] It is a molecular structure view explaining the reversible phot clo \*\*\*\*\* phenomenon of a self-hold type phot chromics material, and the molecular structure when (a) irradiates yellow light, and (b) are the molecular structures at the time of irradiating a blue glow or a ultraviolet radiation.

[Drawing 5] It is the perspective diagram of optical-waveguide-device H using the conventional self-hold type phot chromics material.

[Drawing 6] It is the graph which shows the optical response characteristic of the optical

waveguide device H1 of this invention.

[Drawing 7] The molecular structure view of three sorts of diaryl ethene derivatives which are the phot chromics materials of this invention is shown. The type which returns to (a1) by being in the status of (b1) by (a1) irradiating 325nm light, and irradiating 526nm light, They are the type which returns to (a2) by being in the status of (b2) by (a2) irradiating 325nm light, and irradiating 572nm light, and the type which returns to (a3) by being in the status of (b3) by (a3) irradiating 325nm light, and irradiating 665nm light.

[Description of Notations]

1: Substrate

2, 3, 4: clad layer

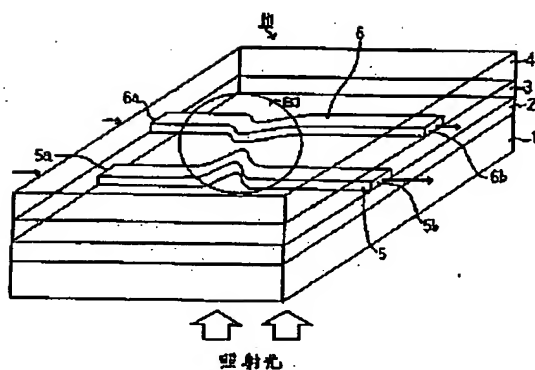
5, 6: optical waveguide

The port for 5a and 6a: incident lights

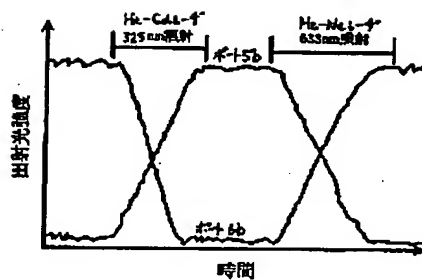
The port for 5b and 6b: outgoing-radiation light

---

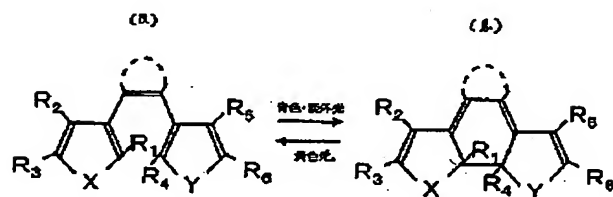
【図1】



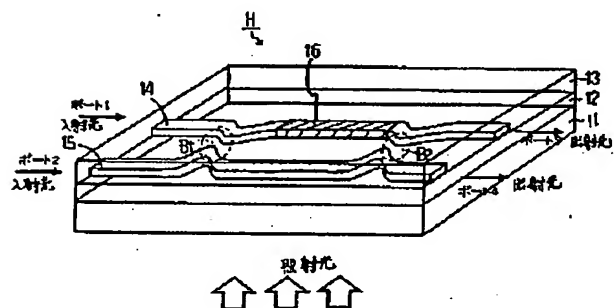
【図6】



【図4】



【図5】



【図7】

